

MODEL LENGKUNG BENTUK BATANG (TAPER CURVE) POHON JATI (*Tectona grandis*)**RONGGO SADONO^{*1}, MUHAMMAD DIMAS TRISNOMO² & ASKAR²**¹Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta²Alumni Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta**ABSTRACT**

Detailed information on tree volume for fancy wood, such as teak, is important to estimate its financial value. Therefore, a method of estimating stem volume in portion wise is developed. The objective of this study was to apply a parabolic taper curve in various tree strata. Data of stem diameter at any relative height were collected from selected felled-tree samples according to stem quality both in the state and community forests by section wise measurement. Regression analysis was applied to estimate parameter and to test the suitability level of the parabolic taper model. The results showed that parabolic taper model could be used to describe the stem curve of clear bole stem in state forest and the stem curve up to tree height with minimum diameter of ca. 10 cm. In the state forest, the parabolic taper model was fit to medium and large diameter classes or in the intermediate and dominant strata. For small diameter class or in suppressed stratum, the model was not sufficiently fit. On the other hand, the parabolic taper model was fit to all samples from community forests because the samples comprised the stem of best quality from the stand. The parabolic taper model was suitable to apply on high quality stems which were characterized with healthy, cylindrical, and straight stem, high clear bole, and straight grain.

Keywords : *teak, Tectona grandis, stem quality, taper model*

* Penulis untuk korespondensi: E-mail: rsadono@ugm.ac.id

PENDAHULUAN**Latar belakang**

Inventarisasi hutan merupakan salah satu kegiatan yang penting dalam pengelolaan hutan, karena hasil yang diperoleh akan digunakan menjadi dasar untuk penyusunan rencana pengelolaan. Kegiatan tersebut bertujuan untuk mengetahui kualitas dan kuantitas pohon-pohon di areal hutan, yang pada umumnya adalah mengumpulkan informasi potensi tegakan/kekayaan yang ada dalam areal tersebut. Potensi tegakan sangat diperlukan untuk menyediakan informasi ketersediaan bahan baku yang dikehendaki konsumen atau industri berbahan baku kayu. Pengumpulan informasi mengenai potensi tegakan

hutan lazimnya berhubungan dengan pengukuran volume pohon.

Dewasa ini konsumen atau industri berbahan baku kayu membutuhkan sortimen kayu dengan limit diameter tertentu yang besarnya dapat berubah. Semakin maju perkembangan teknologi pengolahan kayu, maka semakin banyak bagian dari pohon yang dapat dimanfaatkan sehingga sisa dari bagian pohon semakin sedikit. Hal ini mempengaruhi perilaku permintaan konsumen akan sortimen kayu dengan memperhitungkan ketersediaan informasi diameter pada berbagai ketinggian atau panjang sortimen.

Perubahan permintaan konsumen menuntut pengelola hutan agar dapat merencanakan produksi

yang semakin intensif dan efektif. Untuk itu harus diperlukan suatu metode dalam pendugaan volume batang yang lebih akurat, yang disusun berdasarkan bentuk batang. Metode penduga volume batang berdasarkan bentuk batang biasa disebut persamaan lengkung bentuk atau *taper*.

Persamaan *taper* disusun dalam bentuk hubungan antara diameter batang dengan tinggi batang. Dengan adanya model penduga volume ini diharapkan diperoleh taksiran volume batang yang lebih luwes. Keluwesan ini terletak pada kegunaannya untuk menaksir volume batang pada diameter ujung atau pada ketinggian batang tertentu. Kenyataan ini diharapkan dapat membantu pengelola hutan dalam menyediakan informasi potensi tegakan hutan menurut sortimen kayu yang sesuai dengan permintaan konsumen atau industri berbahan baku kayu.

Tujuan dan manfaat penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menyusun persamaan *taper* tegakan jati (*Tectona grandis*) untuk pendugaan volume kayu pada sortimen yang ditentukan baik di hutan negara, yaitu di Perum Perhutani maupun di Hutan Rakyat yang telah mendapat sertifikat Pengelolaan Hutan Berbasis Masyarakat Lestari (PHBML) dari Lembaga Ekolabel Indonesia (LEI).

Tersedianya model ini dapat digunakan untuk menduga volume kayu menurut kelas sortimen pada saat tegakan siap tebang. Tersedianya informasi ini juga memungkinkan untuk dilakukannya strategi optimasi pembagian batang. Bagi pengelola hutan informasi ini dapat membantu untuk mengetahui potensi produksi tegakan hutan menurut sortasi yang sesuai dengan permintaan industri berbahan baku kayu.

Landasan teori

Bentuk batang

Pada umumnya setiap pohon mempunyai bentuk batang (*tree form*) yang berbeda-beda. Bentuk batang tersebut secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu : *excurrent* dan *deliquescent* (Husch, et al., 1982). *Excurrent* merupakan bentuk batang pohon yang teratur dan lurus memanjang dari pangkal hingga ujung. Bentuk ini biasa dijumpai pada jenis konifer/daun jarum, sedangkan *deliquescent* merupakan bentuk batang pohon yang tidak teratur, di mana pada ketinggian tertentu bercabang besar dan sering dijumpai pada jenis kayu daun lebar. Laar dan Ak a (1997) menyatakan bahwa profil batang dari individu pohon dipengaruhi oleh posisinya dengan pohon yang lain maupun oleh tapaknya, dan perlakuan silvikultur di antaranya : kepadatan tanah, pemupukan, perawatan tanaman serta faktor genetik.

Bentuk batang berkaitan erat dengan perubahan diameter batang karena perubahan tinggi pengukuran. Karena perbedaan diameter pada berbagai macam ketinggian itu, maka secara umum ada tiga macam pendekatan bentuk batang (Avery dan Burkhart, 2002). Pertama adalah pada pangkal batang didekati dengan bentuk *neiloid*. Segmen batang bagian tengah didekati dengan *paraboloid*. Bagian tengah ini akan berbentuk silindris apabila bagian batang tersebut mempunyai diameter sama antara bagian pangkal serta ujungnya. Bentuk *paraboloid* berarti diameter akan mengecil menuju ujung dengan perubahan yang melengkung ke arah poros batang pada bagian ujung batang. Bagian ujung pohon dapat didekati dengan bentuk kerucut (*konoid*) bisa juga dengan *paraboloid*, tergantung apakah perubahan diameter menuju ujung konstan atau tidak (melengkung).

Volume batang

Volume adalah besaran tiga dimensi dari suatu benda yang besarnya dinyatakan dalam satuan kubik, yang didapatkan dari hasil perkalian satuan dasar panjang. Penentuan volume suatu benda secara umum dapat dilakukan dengan beberapa cara. Cara pertama adalah cara analitik, yaitu cara penentuan volume benda dengan menggunakan rumus volume standar. Cara ini biasa dilakukan pada benda-benda yang berbentuk teratur, misalkan : prismoid dan benda-benda putar seperti kerucut, *paraboloid*, dan *neiloid*. (Husch, *et. al.*, 1982). Metode yang paling akurat adalah cara langsung, yaitu volume yang diukur tanpa dilakukan pengukuran dimensinya. Alat yang digunakan adalah *xylometer*, di mana prinsip kerjanya adalah dengan dalil Archimedes, yaitu volume atau isi suatu benda sama dengan isi cairan yang dipindahkan (Husch, *et. al.*, 1982; Laar dan Akça, 1997; Avery dan Burkhart, 2002). Cara grafik, yaitu dapat digunakan untuk menghitung volume berbagai bentuk benda putar tanpa memandang ciri-ciri permukaannya. Dengan cara ini dapat dicari volume suatu benda yang berpenampang melintang berbentuk lingkaran dengan diameter yang berbeda-beda sepanjang sumbunya. Prinsip kerjanya adalah angka-angka diameter kuadratnya dengan panjang atau tinggi yang diplotkan pada kertas milimeter atau salip sumbu (Husch, *et. al.*, 1982).

Pengukuran volume batang secara langsung sudah tidak lagi diterapkan karena membutuhkan ukuran *xylometer* yang besar terutama untuk batang-batang pohon yang berukuran relatif besar (Avery dan Burkhart, 2002). Cara yang lebih efisien meskipun kurang akurat dibandingkan dengan pengukuran langsung adalah dengan pengukuran per-seksi (*sectionwise*), di mana batang pohon dibagi menjadi beberapa seksi (potongan batang) menurut bentuk *frustum* yang paling mendekati. Pada tiap-tiap seksi

dilakukan pengukuran diameter dan panjang kemudian dihitung volumenya. Penjumlahan volume dari tiap seksi merupakan volume aktual batang (Laar dan Akça, 1997). Kesalahan penentuan volume aktual batang semakin kecil bila semakin banyak seksi yang dibuat dan semakin tepat penempatan bentuk *frustum*nya pada seksi-seksi yang dibuat tersebut.

Volume tiap seksi batang dapat dihitung dengan beberapa rumus menurut letak pengukuran diameter pada seksi batang (Laar dan Akça, 1997) :

$$\text{Huber: } v = g_m l$$

$$\text{Smalian: } v = \frac{g_u + g_l}{2} l$$

$$\text{Newton: } v = \frac{g_u + 4g_m + g_l}{4} l$$

$$\text{Hossfeld: } v = \frac{3g_{1/3} + g_l}{4} l$$

$$\text{Simony: } v = \frac{2g_{1/4} - g_m + 2g_{3/4}}{4} l$$

$$\text{Hohenadl: } v = \frac{g_{0.1} + g_{0.3} + g_{0.5} + g_{0.7} + g_{0.9}}{5} l$$

Keterangan:

- v : volume batang/sortimen
- g_u : luas bidang dasar pangkal sortimen kayu
- g_m : luas bidang dasar tengah sortimen kayu
- g_l : luas bidang dasar ujung sortimen kayu
- l : Panjang sortimen kayu
- $\left. \begin{matrix} g_{1/3}, \\ g_{1/4}, \\ g_{3/4} \end{matrix} \right\}$: luas bidang dasar pada 1/3, 1/4, 3/4 potongan batang
- $\left. \begin{matrix} g_{0.1}, \\ g_{0.3}, \\ g_{0.7}, \\ g_{0.9} \end{matrix} \right\}$: luas bidang dasar pada 10%, 30%, 70%, 90% total panjang

Taper curve

Taper curve adalah tingkat perubahan ukuran diameter batang mulai dari pangkal batang hingga tinggi batang atau panjang batang (Philip, 1983). Dengan kata lain dapat diartikan sebagai profil batang atau disebut juga dengan lengkung bentuk batang karena menggambarkan permukaan batang dari pangkal hingga ujungnya. Jika profil batang

dapat digambarkan dengan akurat maka volume pada berbagai limit diameter atau segmen dapat dihitung, kemudian volume tiap segmen dijumlahkan untuk mendapatkan volume porsi batang yang dikehendaki. Penaksiran volume yang lebih baik dapat diperoleh namun dengan integrasi matematis dari persamaan *taper* (Avery dan Burkhart, 2002).

Persamaan *taper* disusun berdasarkan hubungan antara diameter sepanjang batang dengan ketinggian batang yang bersangkutan dari permukaan tanah. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan persamaan *taper*, dan sebagian besar hasilnya sangat kompleks (Laar dan Akça, 1997; Avery dan Burkhart, 2002). Fungsi parabolik yang diajukan oleh Kozak, Munro dan Smith (1969) merupakan model relatif, bentuk persamaannya sederhana dan hasilnya relatif baik untuk menggambarkan sekitar 85% dari profil batang, dengan sedikit kekurangan yang utamanya terjadi dekat pangkal dan ujung seksi dari pohon (Avery dan Burkhart, 2002) :

$$\left(\frac{d^2}{dbh^2}\right) = b_0 + b_1\left(\frac{h}{H}\right) + b_2\left(\frac{h^2}{H^2}\right)$$

Dengan d = diameter pada ketinggian h dari permukaan tanah, H = tinggi total, dbh = diameter at breast height (diameter setinggi dada atau 1,3 m dari permukaan tanah), dan b_0, b_1, b_2 = koefisien regresi.

Pengembangan model lengkung bentuk terus dilakukan antara lain dengan penerapan model polinomial yang kompleks atau memanfaatkan karakteristik tegakan. Sloboda, *et al.* (1985) dalam Kramer dan Akca (1995) mengembangkan model lengkung bentuk absolut maupun relatif untuk menaksir diameter batang yang bergantung pada diameter batang setinggi dada.

Penelitian mengenai lengkung bentuk absolut pernah dilakukan pada hutan tanaman jati (Harbagung, 1978), dan tusam (Haryjanto, 1994;

Hendratmoko, 1998). Penelitian tersebut pada umumnya menaksir volume batang pohon pada kelas diameter dan tinggi batang tertentu dengan memanfaatkan model absolut yang diajukan.

Penaksiran volume bagian batang dengan memanfaatkan model lengkung bentuk relatif dapat dilakukan dengan integrasi model sebagai berikut (Avery dan Burkhart, 2002):

$$V = \frac{P}{4} \int_{h_1}^{h_2} d^2 dh$$

Di mana h_1 dan h_2 adalah batas bawah dan batas atas dari bagian batang yang akan dihitung volumenya. Model lengkung bentuk relatif yang dikaji penerapannya, yaitu model parabolik :

$$\left(\frac{d^2}{dbh^2}\right) = b_0 + b_1\left(\frac{h}{H}\right) + b_2\left(\frac{h^2}{H^2}\right)$$

dituliskan dalam fungsi d^2 sebagai berikut :

$$d^2 = dbh^2 \left[b_0 + b_1\left(\frac{h}{H}\right) + b_2\left(\frac{h^2}{H^2}\right) \right]$$

Fungsi d^2 inilah yang kemudian diintegrasikan untuk mendapatkan volume bagian batang yang diinginkan. Integrasi persamaan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$V = \frac{P}{4} dbh^2 \int_{h_1}^{h_2} \left[b_0 + b_1\left(\frac{h}{H}\right) + b_2\left(\frac{h^2}{H^2}\right) \right] dh$$

Penyelesaian dari persamaan di atas dapat dituliskan sebagai:

$$V = \frac{P}{4} dbh^2 \left[b_0(h) + \left(\frac{b_1}{2}\right)\left(\frac{h^2}{H}\right) + \left(\frac{b_2}{3}\right)\left(\frac{h^3}{H^2}\right) \right] \Bigg|_{h_1}^{h_2}$$

BAHAN DAN METODE**Bahan penelitian**

Bahan penelitian berupa hasil pengukuran seksi batang pohon sampel dari hutan negara dan hutan rakyat. Satu set data dari hutan negara, yaitu dari wilayah Perum Perhutani KPH Kebonharjo, telah dilakukan pengukuran pada bulan Mei - Juni 2006 (Trisnomo, 2007). Karakteristik pohon yang diukur adalah tinggi tonggak, diameter tonggak, diameter batang setinggi dada ($d_{1,3}$), diameter (d_i) dan panjang seksi (h_i), serta tinggi bebas cabang (h_{tbc}). Sampel pohon berjumlah 76 batang dipilih dari batang pohon yang berkualitas baik sebagai resultan dari perlakuan silvikultur yang memprioritaskan batang pohon dengan karakteristik diameter bulat silinder, lurus dan serat tidak memuntir, tinggi bebas cabang relatif tinggi.

Satu set data dari hutan rakyat, yaitu dari hutan rakyat yang telah mendapat sertifikasi dari Lembaga Ekolabel Indonesia, telah dilakukan pengukuran pada bulan Februari - Maret 2007 (Askar, 2007). Karakteristik pohon yang diukur adalah tinggi tonggak, diameter tonggak, diameter batang setinggi dada ($d_{1,3}$), diameter (d_i) dan panjang (h_i) tiap seksi batang, tinggi pohon pada diameter minimum sekitar 10 cm (hd_{10}). Sampel pohon berjumlah 59 batang terpilih adalah batang pohon berkualitas baik yang telah diseleksi oleh pembeli dengan karakteristik

diameter bulat silinder, lurus dan serat tidak memuntir.

Keseluruhan sampel baik dari hutan negara maupun dari hutan rakyat dibuat pengelompokan berdasarkan ukuran diameter batang menjadi kelas diameter kecil, kelas diameter sedang dan kelas diameter besar, seperti disajikan pada Tabel 1.

Prosedur pelaksanaan

Setiap sampel batang dihitung diameter relatif, yaitu nilai perbandingan antara diameter batang pada ketinggian tertentu (d_i) dengan diameter setinggi dada ($d_{1,3}$), dan tinggi relatif, yaitu nilai perbandingan antara tinggi batang tertentu (h_i) dengan tinggi bebas cabang (h_{tbc}) pada hutan negara dan tinggi pada diameter minimum 10 cm (hd_{10}) pada hutan rakyat.

Penerapan persamaan *taper* dalam bentuk fungsi parabolik $(d_i/d_{1,3})^2 = f \{ (h_i/h), (h_i/h)^2 \}$ dilakukan terhadap setiap individu sampel. Validasi untuk menerima penerapan fungsi dilakukan dengan melihat terutama ukuran tingkat kecocokannya (R^2), nilai standar error, dan signifikansi (Sig F) dari analisis variannya. Jika tiap sampel dapat didekati dengan fungsi yang diajukan maka langkah selanjutnya adalah menerapkan fungsi terhadap keseluruhan sampel. Jika hasil penerapan tiap individu tidak demikian, maka ditempuh penerapan fungsi terhadap kelas diameter, yaitu diameter kecil, sedang dan besar.

Tabel 1. Pengelompokan sampel berdasarkan status hutan dan ukuran diameter

Kelas Diameter	Jumlah sampel	Diameter (cm)		Tinggi (m)*	
		Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
Hutan Negara					
Kecil	25	39,5	49,4	4,9	15,2
Sedang	28	50,0	61,8	8,8	19,2
Besar	23	62,4	80,9	9,4	22,1
Hutan Rakyat					
Kecil	19	16,0	19,7	4,6	13,3
Sedang	24	20,0	24,3	7,8	16,6
Besar	16	24,6	29,3	9,7	16,0

Keterangan :

*pada hutan negara yang dimaksud tinggi adalah tinggi batang bebas cabang, sedang pada hutan rakyat adalah tinggi batang sampai dengan diameter minimal 10 cm.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penerapan model pada hutan negara

Penerapan model pada data di hutan Negara yang sudah diklasifikasikan menjadi kelas diameter kecil, sedang dan besar menunjukkan bahwa pada kelas diameter besar dan sedang semua sampel dapat didekati dengan model parabolik. Pada diameter kelas sedang dengan jumlah sampel sebanyak 28 pohon, nilai tingkat kecocokan model (R^2) berkisar antara 85,4% sampai 99,5% dengan nilai rata-rata 96,1%. Nilai kecocokan model pada kelas diameter besar dengan jumlah sampel sebanyak 23 pohon berkisar antara 92,1% sampai 99,7% dengan nilai rata-rata sebesar 96,9%. Sedangkan pada kelas diameter kecil dengan jumlah sampel sebanyak 25 pohon, tidak semuanya dapat didekati dengan model. Ada sebanyak 6 pohon sampel atau sekitar 25% yang lengkung bentuk batangnya tidak dapat didekati dengan model parabolik. Secara ringkas hasil penerapan model parabolik dapat dilihat pada Tabel 2.

Salah satu faktor yang mempengaruhi kehandalan model adalah perlakuan silvikultur, terutama perlakuan silvikultur yang menempatkan prioritas tegakan tinggal pada akhir yang berkualitas tinggi dan volume batang besar. Pada kelas diameter kecil merupakan representasi dari stratum bawah yang jika dipertahankan sampai dengan akhir daur maka volume dan kualitas batangnya tidak sama seperti pada kelas diameter sedang dan besar.

Penelitian mengenai lengkung bentuk batang umumnya menyelidiki permukaan batang terluar mulai dari pangkal sampai dengan ujung. Namun penelitian ini tidak keseluruhan batang menjadi perhatian, tetapi hanya dari pangkal batang sampai dengan tinggi batang bebas cabang. Ketepatan model sampai dengan di atas 90% dapat dimengerti sebagaimana penelitian lain melaporkan bahwa ketidaktepatan model biasanya terjadi pada pangkal batang dan ujung batang. Dengan tidak melibatkan bagian ujung batang dalam penelitian maka ketepatan model menjadi lebih tinggi.

Penerapan model parabolik selanjutnya dilakukan terhadap seluruh sampel pada kelas diameter sedang dan besar. Pada kelas diameter kecil tidak dilanjutkan karena tingkat kecocokan model hanya mencapai 50,2% dengan standar error 0,1933. Ini berarti model hanya bisa diterima untuk sekitar separuh dari sampel. Hasil penerapan model parabolik pada kelas diameter sedang dan besar menunjukkan bahwa kedua kelas diameter dapat didekati dengan tingkat kecocokan sebesar 85,4% dan standar error 0,0752 untuk kelas diameter sedang, dan 83,3% dengan standar error 0,0868 untuk kelas diameter besar. Tingkat kecocokan menjadi turun pada seluruh sampel tiap kelas diameter dibandingkan dengan tiap individu tiap kelas diameter karena tinggi bebas cabang bervariasi sangat besar dan tidak dapat didekati dari diameternya (Trisnomo, 2007). Bentuk model yang diajukan dapat dituliskan sebagai berikut:

Tabel 2. Tingkat kecocokan model parabolik pada hutan negara berdasarkan kelas diameter

Kelas Diameter	Jumlah Sampel	Tingkat Kecocokan (R^2) dalam %			Standar Error			Keterangan
		Minimum	Rerata	Maksimum	Minimum	Rerata	Maksimum	
Kecil	25	82,0	95,8	99,9	0,0089	0,0605	0,1812	Sejumlah 6 sampel tidak signifikan
Sedang	28	85,4	96,1	99,5	0,0180	0,0435	0,1073	Semua sampel signifikan
Besar	23	92,1	96,9	99,7	0,0177	0,0405	0,0663	Semua sampel signifikan

$$\left(\frac{d^2}{dbh^2}\right) = 0,942382 - 0,851823 \left(\frac{h}{H_{bc}}\right) + 0,245379 \left(\frac{h^2}{H_{bc}^2}\right)$$

untuk kelas diameter sedang, dan

$$\left(\frac{d^2}{dbh^2}\right) = 0,935649 - 0,003703 \left(\frac{h}{H_{bc}}\right) + 0,341274 \left(\frac{h^2}{H_{bc}^2}\right)$$

untuk kelas diameter besar.

Selanjutnya apabila dikehendaki penerapan untuk kedua kelas tersebut, maka tingkat kecocokan akan menurun menjadi 82,8% dengan standar error 0,0856. Model untuk kedua kelas ini dapat dituliskan sebagai :

$$\left(\frac{d^2}{dbh^2}\right) = 0,940411 - 0,93249 \left(\frac{h}{H_{bc}}\right) + 0,297043 \left(\frac{h^2}{H_{bc}^2}\right)$$

Dari kenyataan di atas dapat dimengerti bahwa model lengkung bentuk batang relatif lebih cocok secara individual daripada dilakukan pengelompokan. Apabila tingkat kecocokan ini menjadi prioritas maka penerapannya di lapangan dapat dilakukan dengan menyajikan informasi detail kualitas pohon per pohon dengan taksiran sortimennya, karena tiap individu pohon mempunyai model yang unik dan demikian juga taksiran sortimennya. Jika dikehendaki penerapan secara umum namun tidak terjadi penurunan tingkat kecocokan yang mencolok dapat dilakukan dengan pengelompokan pohon yang mempunyai kualitas batang, ukuran diameter dan tinggi batang bebas cabang yang relatif seragam.

Penerapan model pada hutan rakyat

Penerapan model parabolik pada hutan rakyat dengan mengambil tinggi batang sampai dengan diameter sekitar 10 cm menunjukkan bahwa seluruh sampel dapat didekati model dengan baik. Pada kelas diameter kecil rata-rata tingkat kecocokannya adalah 92,7%. Sedangkan rata-rata tingkat kecocokan model pada kelas diameter sedang dan besar berturut-turut adalah 94,5% dan 93,8%. Hasil penerapan model secara ringkas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tingkat kecocokan yang mencapai di atas 90% ini disebabkan karena sampel pohon adalah sampel yang terseleksi. Sehubungan dengan kehendak pembeli yang menginginkan pohon yang berkualitas baik, dan sampel pohon adalah yang ditebang karena dibeli maka karakteristik pohon sampel merupakan resultan dari perlakuan silvikultur berupa pengaturan kerapatan dan penjarangan selektif dengan mengambil pohon berkualitas baik pada kelas diameternya.

Model lengkung bentuk tiap-tiap kelas diameter yang dihasilkan adalah :

$$\left(\frac{d^2}{dbh^2}\right) = 1,457365 - 2,32548 \left(\frac{h}{H_{d10}}\right) + 1,267856 \left(\frac{h^2}{H_{d10}^2}\right)$$

untuk kelas diameter kecil, dengan tingkat kecocokan dan standar error masing-masing 89,6% dan 0,11908. Untuk diameter sedang :

$$\left(\frac{d^2}{dbh^2}\right) = 1,360173 - 2,04679 \left(\frac{h}{H_{d10}}\right) + 0,963522 \left(\frac{h^2}{H_{d10}^2}\right)$$

Tabel 3. Tingkat kecocokan model parabolik pada hutan rakyat berdasarkan kelas diameter

Kelas Diameter	Jumlah Sampel	Tingkat Kecocokan (R ²) dalam %			Standar Error			Keterangan
		Minimum	Rerata	Maksimum	Minimum	Rerata	Maksimum	
Kecil	19	82,1	92,7	97,2	0,0672	0,1113	0,1874	Semua sampel signifikan
Sedang	24	86,9	94,5	99,3	0,0286	0,0921	0,1481	Semua sampel signifikan
Besar	16	79,9	93,8	98,9	0,0323	0,0956	0,2132	Semua sampel signifikan

dengan tingkat kecocokan dan standar error masing-masing 79,2% dan 0,1772, serta untuk diameter besar:

$$\left(\frac{d^2}{dbh^2}\right) = 1,291425 - 2,02987\left(\frac{h}{H_{d10}}\right) + 0,964561\left(\frac{h^2}{H_{d10}^2}\right)$$

dengan tingkat kecocokan 89,1% dan standar error 0,11751.

Keseluruhan sampel tanpa memperhitungkan kelas diameter dapat didekati dengan model parabolik sebagai berikut :

$$\left(\frac{d^2}{dbh^2}\right) = 1,366902 - 2,1307\left(\frac{h}{H_{d10}}\right) + 1,058185\left(\frac{h^2}{H_{d10}^2}\right)$$

dengan tingkat kecocokan 83,5% dan standar error 0,15288.

Hasil di atas memperkuat uraian terdahulu bahwa model lengkung bentuk batang bersifat individual, karena apabila diterapkan pada data yang dikelompokkan maka tingkat kecocokan model akan menurun. Dengan kenyataan demikian maka pihak pengelola hutan rakyat diharapkan dapat mengusahakan informasi detail kualitas pohon dan taksiran sortimennya. Penerapan secara umum dapat dilakukan apabila sampel mempunyai kualitas batang pohon yang relatif homogen. Apabila dikehendaki tingkat kecocokan yang relatif lebih tinggi maka dapat dilakukan dengan pengelompokan pohon misalkan berdasarkan kelas diameternya.

Perbedaan hasil penerapan model pada hutan negara dan hutan rakyat

Perbedaan penerapan model pada hutan negara dan hutan rakyat disebabkan karena model sangat sensitif terhadap karakteristik, kualitas dan keseragaman obyek. Pada hutan negara faktor sensitifnya terletak pada tinggi bebas cabang yang bervariasi. Variasi tinggi bebas cabang yang besar merupakan cerminan dari kurang berhasilnya strategi silvikultur

yang menempatkan kualitas pohon pada tebangan akhir sebagai prioritas. Sementara itu, sampel yang diambil dari hutan rakyat adalah penerapan strategi silvikultur untuk mengurangi kerapatan tegakan dengan cara pemungutan pendahuluan, yaitu penebangan pohon-pohon terbaik yang bernilai tinggi dan siap jual.

Model parabolik dapat diterapkan baik pada hutan negara maupun hutan rakyat. Penerapan model akan menghasilkan tingkat kecocokan yang relatif tinggi apabila dilakukan secara selektif, terutama pada pohon-pohon yang berkualitas baik yang dicirikan oleh diameter batang silindris, lurus, serat tidak memuntir, dan tinggi bebas cabangnya relatif tinggi. Penerapan model secara umum akan menurunkan tingkat kecocokan. Penurunan tingkat kecocokan dan direduksi apabila batang pohon dikelompokkan menurut kualitas batangnya, dan ukuran diameter dan tinggi yang relatif seragam.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Model lengkung bentuk batang berbentuk parabolik dapat digunakan untuk menggambarkan permukaan batang pohon jati sampai tinggi bebas cabang pada hutan negara, dan tinggi batang dengan diameter sekitar 10 cm di hutan rakyat. Pada hutan negara model sangat cocok pada kelas diameter sedang dan besar, yaitu pohon-pohon pada stratum *intermediate* sampai dominan. Sedangkan pada kelas diameter kecil, yaitu pohon yang menempati stratum tertekan, model kurang cocok. Pada hutan rakyat, model sangat cocok karena sampel terpilih telah melalui proses seleksi kualitas batang pohon oleh pembeli.

Model sangat cocok untuk diterapkan pada batang pohon yang berkualitas tinggi dengan karakteristik: diameter batang bulat silinder, batang lurus, serat

tidak memuntir, tinggi batang atau tinggi bebas cabang relatif tinggi. Penerapan secara umum dengan tingkat kecocokan yang masih relatif tinggi dapat dilakukan misalkan dengan pengelompokan pohon berdasarkan karakteristik tersebut.

Saran

Tingkat kecocokan model lengkung bentuk batang sangat sensitif terhadap kualitas batang pohon. Penerapan model hendaknya dilakukan secara hati-hati dan terbatas, yaitu terutama pada pohon-pohon tujuan yang berkualitas tinggi dan mempunyai volume kayu yang besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada yang telah memfasilitasi terselenggaranya penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Askar. 2007. *Pendugaan Volume Batang Tectona grandis Berdasarkan Integrasi Persamaan Taper (Studi kasus Hutan Rakyat Tersertifikasi Desa Sumberejo Kabupaten Wonogiri)*. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Avery TE & Burkhart HE. 2002. *Forest Measurements*. McGraw-Hill Book Co. Inc. New York.
- Harbagung. 1978. *Pembuatan Kurve Lengkung Bentuk pada Hutan Tanaman Jati di Wilayah Kesatuan Pemangkuan Hutan Cepu, Jawa Tengah*. Skripsi (tidak dipublikasikan). Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Haryanto & Liliek. 1994. *Model Penaksiran Volume Batang Pinus merkusii Jungh. et. de Vriese Berdasarkan Integrasi Fungsi Lengkung Bentuk Di BKPH Purworejo, KPH Kedu Selatan*. Skripsi (tidak dipublikasikan). Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Hendratmoko BG. 1998. *Analisis Model Penaksiran Volume Kayu Tusam (Pinus merkusii) dengan Menggunakan Fungsi Lengkung Bentuk Batang di RPH Srandil, BKPH Ambarawa, KPH Kedu Utara*. Skripsi (tidak dipublikasikan). Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Husch B, Miller CI & Beers TW. 1982. *Forest Mensuration*. 3rd Ed. John Wiley and Sons. New York.
- Kramer H & Akça A. 1995. *Leitfaden zur Waldmeßlehre*. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a.M.
- Laar VA & Ak a A. 1997. *Forest Mensurations*. Cuvillier Verlag. Göttingen.
- Philip MS. 1983. *Measuring Trees and Forests*. The Div. of Forestry Univ. of Dar Es Salaam. Brunei Darrusalam
- Trisnomo MD. 2007. *Studi Penyusunan Persamaan Taper dan Penduga Volume Batang Bebas Cabang Tegakan Jati (Tectona grandis L.f) di KPH Kebonharjo Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah*. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.